

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
22. April 2004 (22.04.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2004/034162 A1**(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **G05B 11/32**(21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/EP2003/010651**(22) Internationales Anmeldedatum:  
25. September 2003 (25.09.2003)(25) Einreichungssprache: **Deutsch**(26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**(30) Angaben zur Priorität:  
102 46 910.5 8. Oktober 2002 (08.10.2002) **DE**(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme  
von US): **MTU AERO ENGINES GMBH [DE/DE];**  
Dachauer Strasse 665, 80995 München (DE).

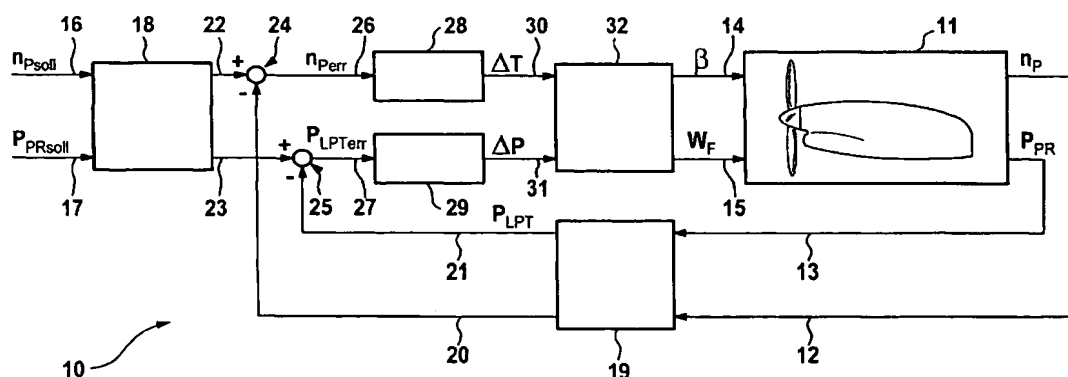
(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **LIETZAU, Klaus**  
[DE/DE]; Lärchenweg 65, 85757 Karlsfeld (DE).(74) Anwälte: **ZACHARIAS, Frank** usw.; DaimlerChrysler  
AG, Intellectual Property Management, IPM - C 106,  
70546 Stuttgart (DE).(81) Bestimmungsstaat (national): **US.**(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,  
BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,  
HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: **MULTIVALUE CONTROL SYSTEM AND METHOD FOR CONTROLLING A MULTIVALUE CONTROLLED SYSTEM**(54) Bezeichnung: **MEHRGRÖSSENREGELUNGSSYSTEM UND VERFAHREN ZUM REGELN EINER MEHRGRÖSSEN-REGELSTRECKE**

(57) Abstract: The inventive multivariable control system (10) for controlling several values comprises a controlled multivariable system (11) which contains several control values (14, 15) used as input values and several controlled values used as output values. Said control system (10) also comprises several comparison units (24, 25) for determining control deviations (26, 27) and several controllers (28, 29), each controller receiving a control deviation (26, 27) in the form of the input value. The control system (10) is provided with a unit (32) for converting the control values. The output values (30, 31) given by the controllers (28, 29) can be transmitted to the unit (32) for converting the control values into the input values. The control values (14, 15) to be transmitted to the system (11) are determined by the unit (32) for the conversion thereof using the output values (30, 31) of the controllers (28, 29).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Mehrgrößenregelungssystem. Das Mehrgrößenregelungssystem (10) umfasst eine Mehrgrößenregelstrecke (11), wobei die Mehrgrößenregelstrecke (11) mehrere Stellgrößen (14, 15) als Eingangsgrößen und mehrere Regelgrößen (12, 13) als Ausgangsgrößen aufweist. Weiterhin sind mehrere Vergleichseinrichtungen (24, 25) zur Ermittlung von Regelabweichungen (26, 27) vorgesehen. Es sind mehrere Regler (28, 29) vorhanden, wobei jedem Regler (28, 29) eine Regelabweichung (26, 27) als Eingangsgröße zuführbar ist. Das erfindungsgemäße Mehrgrößenregelungssystem (10) verfügt über eine Stellgrößen-Umrechnungseinrichtung (32), wobei von den Reglern (28, 29) bereitgestellte Ausgangsgrößen (30, 31) der Stellgrößen-Umrechnungseinrichtung (32)

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

## **Mehrgrößenregelungssystem und Verfahren zum Regeln einer Mehrgrößenregelstrecke**

Die Erfindung betrifft ein Mehrgrößenregelungssystem gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1. Des weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Regeln einer Mehrgrößenregelstrecke gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 8 und ein Verfahren zum Regeln eines Propellertriebwerks gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 14.

Ausgangspunkt für die Regelungstechnik oder eine Regelungsaufgabe ist eine Anlage bzw. Einrichtung, für welche eine zeitveränderliche Größe in bestimmter Weise beeinflusst werden soll. Die zuregelnde Größe bezeichnet man als Regelgröße, die gegebene Anlage bzw. Einrichtung als Regelstrecke. Die Regelgröße ist eine Ausgangsgröße der Regelstrecke und einen gemessenen Wert der Regelgröße bezeichnet man als Istwert derselben. Die Regelgröße soll so beeinflusst werden, dass die Regelgröße einer gewünschten Größe entspricht, die als Sollwert bezeichnet wird. Der tatsächliche Istwert der Regelgröße wird mit dem gewünschten Sollwert verglichen, wobei die entsprechende Abweichung – eine sogenannte Regeldifferenz – einem Regler zugeführt wird. Auf Basis der Regeldifferenz erzeugt der Regler eine Stellgröße zur Beeinflussung der Regelstrecke, wobei die Stellgröße eine Eingangsgröße der Regelstrecke ist.

Es sind häufig Regelstrecken zu regeln, in denen mehrere zeitveränderliche Größen – also mehrere Regelgrößen – beeinflusst und damit geregelt werden sollen. Solche Regelstrecken bezeichnet man als Mehrgrößenregelstrecke oder auch Mehrfachregelstrecke. Beispiele für solche Mehrgrößenregelungsaufgaben sind:

- Propellertriebwerke wie zum Beispiel Turboprop-Triebwerke für Luftfahrzeuge, bei welchen Drehzahl und Leistung eines Propellers geregelt werden sollen,
- Destillationskolonnen, bei welchen Flüssigkeitsstand und Temperaturen in Sumpf und Kopf der Kolonne geregelt werden sollen, oder

- Klimaregelungen, bei welchen Temperatur und Feuchtigkeit eines Raums zu regeln sind.

Die vorliegende Erfindung betrifft solche Mehrgrößenregelungssysteme bzw. Mehrgrößenregelstrecken. Wenn nachfolgend die Erfindung am Beispiel einer Regelung eines Propellertriebwerks eines Flugzeugs exemplarisch beschrieben wird, so soll die Erfindung jedoch nicht auf diesen speziellen Anwendungsfall beschränkt sein, selbst wenn die Erfindung für diesen Anwendungsfall besonders vorteilhaft verwendet werden kann.

Bei solchen Mehrgrößenregelungssystemen bestehen in der Regel zwischen den mehreren Regelgrößen und den mehreren Stellgrößen Kopplungen der Art, dass eine Stellgröße nicht nur auf eine sondern auf mehrere Regelgrößen wirkt. Weiterhin treten in der Regel Nichtlinearitäten zwischen den mehreren Stellgrößen und den mehreren Regelgrößen auf. Die Kopplungen und die Nichtlinearitäten zwischen den Stellgrößen und den Regelgrößen stellen erhebliche Schwierigkeiten für den Entwurf eines geeigneten Reglers dar, insbesondere dann, wenn über den gesamten Betriebsbereich der Regelstrecke hinweg ein optimales Regelungsergebnis gefordert ist, und nicht lediglich im Bereich eines bevorzugten Betriebspunkts der Regelstrecke.

Mit den aus dem Stand der Technik bekannten Mehrgrößenregelungssystemen bzw. Verfahren zum Regeln einer Mehrgrößenregelstrecke ist es bislang nicht oder nur unzureichend möglich, Mehrgrößenregelstrecken mit Kopplungen und Nichtlinearitäten zwischen den Stellgrößen und den Regelgrößen zufriedenstellend zu regeln.

Der vorliegenden Erfindung liegt das Problem zu Grunde, ein verbessertes Mehrgrößenregelungssystem und ein verbessertes Verfahren zum Regeln einer Mehrgrößenregelstrecke, insbesondere zum Regeln eines Propellertriebwerks, zu schaffen.

Dieses Problem wird durch ein Mehrgrößenregelungssystem gemäß Patentanspruch 1 und ein Verfahren zum Regeln einer Mehrgrößenregelstrecke gemäß Patentanspruch 8 gelöst. Das Verfahren zum Regeln eines Propellertriebwerks umfasst die Merkmale des Patentanspruchs 14.

Erfindungsgemäß sind die von den Reglern bereitgestellten Ausgangsgrößen einer Stellgrößen-Umrechnungseinrichtung als Eingangsgrößen zuführbar. Die Stellgrößen-Umrechnungseinrichtung ermittelt aus den Ausgangsgrößen der Regler die Stellgrößen für die Mehrgrößenregelstrecke. Hierdurch lässt sich eine gute Entkopplung der Stellgrößen und der Regelgrößen der Mehrgrößenregelstrecke erzielen.

Nach einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung überlagert die Stellgrößen-Umrechnungseinrichtung zur Ermittlung der Stellgrößen den Ausgangsgrößen der Regler zusätzlich eine von Istwerten der Regelgrößen abhängige Vorsteuerungskomponente. Dadurch lässt sich die Entkopplung der Stellgrößen und der Regelgrößen der Mehrgrößenregelstrecke nochmals verbessern.

Vorzugsweise sind eine erste Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung und eine zweite Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung vorhanden. Die Ausgangsgrößen der Mehrgrößenregelstrecke – also die Regelgrößen – sind der ersten Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung als Eingangsgrößen zuführbar, wobei die erste Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung aus den Regelgrößen Ausgangsgrößen ermittelt, die den Vergleichseinrichtungen als erste Eingangsgrößen zuführbar sind. Des weitern sind Sollwerte der Regelgrößen der zweiten Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung als Eingangsgrößen zuführbar, wobei die zweite Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung aus den Sollwerten Ausgangsgrößen ermittelt, die den Vergleichseinrichtungen als zweite Eingangsgrößen zuführbar sind. Das Regelungsergebnis wird durch die Regelgrößenumrechnung optimiert und die Struktur der Regelung erheblich vereinfacht.

Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird, ohne hierauf beschränkt zu sein, an Hand der Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigt:

Fig. 1: einen Regelkreis für ein Propellertriebwerk zur Verdeutlichung des erfindungsgemäßen Mehrgrößenregelungssystems und des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Fig. 1 zeigt ein erfindungsgemäßes Mehrgrößenregelungssystem 10. Das in Fig. 1 gezeigte Mehrgrößenregelungssystem 10 verdeutlicht die Erfindung für ein Ausführungsbeispiel, bei welchem eine zu regelnde Mehrgrößenregelstrecke 11 als Propellertriebwerk eines Flugzeugs ausgebildet ist. Obwohl die hier vorliegende Erfindung für diesen Anwendungsfall besonders geeignet ist, kann das erfindungsgemäße Regelungskonzept auch bei anderen Mehrgrößenregelstrecken zum Einsatz kommen.

Wie Fig. 1 zeigt, sollen bei der als Propellertriebwerk ausgebildeten Mehrgrößenregelstrecke 11 eine Propellerdrehzahl  $n_P$  und eine Propellerleistung  $P_{PR}$  als Regelgrößen 12, 13 geregelt werden. Die beiden Regelgrößen 12, 13 stellen die Ausgangsgrößen der Mehrgrößenregelstrecke 11 dar.

Als Eingangsgrößen werden der als Propellertriebwerk ausgebildeten Mehrgrößenregelstrecke 11 zwei Stellgrößen 14, 15 als Eingangsgrößen zugeführt. Bei der ersten Stellgröße 14 handelt es sich bei dem hier gezeigten Ausführungsbeispiel um einen Propellerblatteinstellwinkel  $\beta$ . Bei der zweiten Stellgröße 15 handelt es sich um einen Brennstoffstrom  $w_F$ .

Bei dem Propellertriebwerk handelt es sich demnach um eine Mehrgrößenregelstrecke 11 mit zwei Eingangsgrößen und zwei Ausgangsgrößen. Zwischen den Eingangsgrößen, nämlich den Stellgrößen 14, 15, und den Ausgangsgrößen, also den Regelgrößen 12 und 13, der als Propellertriebwerk ausgebildeten Mehrgrößenregelstrecke 11 bestehen starke Kopplungen und Nichtlinearitäten. Mithilfe des erfindungsgemäßen Mehrgrößenregelungssystems 10 bzw. des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Regeln der Mehrgrößenregelstrecke 11 wird eine Lösung vorgeschlagen, mit der die Kopplungen und Nichtlinearitäten zwischen den Stellgrößen 14, 15 und Regelgrößen 12, 13 weitestgehend eliminiert werden können und somit auch über einen breiten Betriebsbereich der zuregelnden Mehrgrößenregelstrecke 11 ein optimiertes Regelungsergebnis unter Verwendung einfacher Reglerstrukturen erzielt werden kann.

Wie bereits erwähnt, soll als erste Regelgröße 12 die Drehzahl des Propellers  $n_P$  und als zweite Regelgröße 13 die Leistung des Propellers  $P_{PR}$  geregelt werden. Gemessene Werte dieser Regelgrößen 12, 13 bezeichnet man als Istwerte. Es liegt nun im Sinne der Regelungsaufgabe, dass die Istwerte der Regelgrößen 12, 13 mit entsprechenden Sollwerten 16, 17 für die Drehzahl des Propellers und die Leistung des Propellers in Übereinstimmung gebracht werden. So zeigt Fig. 1 als ersten Sollwert 16 einen Sollwert für die Propellerdrehzahl  $n_{P\text{Soll}}$  sowie als zweiten Sollwert 17 einen Sollwert für die Leistung des Propellers  $P_{PR\text{Soll}}$ .

Erfindungsgemäß werden die Istwerte der Regelgrößen 12, 13 mit den Sollwerten 16, 17 derselben nicht unmittelbar verglichen. Vielmehr ist sowohl für die Istwerte der Regelgrößen 12, 13 als auch für die korrespondierenden Sollwerte 16, 17 jeweils eine Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung 18, 19 vorhanden.

Eine erste Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung 19 ist den gemessenen Istwerten der Regelgrößen 12, 13 zugeordnet. Eine zweite Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung 18 ist hingegen den korrespondierenden Sollwerten 16, 17 zugeordnet. Die erste Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung 19 ermittelt aus den Istwerten der Regelgrößen 12, 13 Ausgangsgrößen 20, 21. Entsprechend ermittelt die zweite Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung 18 aus den Sollwerten 16, 17 die Ausgangsgrößen 22, 23. Die Ausgangsgrößen 20, 21 der ersten Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung 19 und die Ausgangsgrößen 22, 23 der zweiten Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung 18 werden Vergleichseinrichtungen 24, 25 als Eingangsgrößen zugeführt. In den Vergleichseinrichtungen 24, 25 werden die entsprechenden Ausgangsgrößen 20, 21, 22, 23 der Regelgrößen-Umrechnungseinrichtungen 18, 19 miteinander verrechnet. Hierauf wird weiter unten noch in größerem Detail eingegangen.

Vorab soll an dieser Stelle auf die in den Regelgrößen-Umrechnungseinrichtungen 18, 19 durchgeführten Umrechnungen der Istwerte der Regelgrößen 12, 13 sowie deren Sollwerte 16, 17 eingegangen werden. So stellt die erste Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung 19, der als Eingangsgrößen die Regelgrößen 12, 13 - also Istwerte der Propellerdrehzahl  $n_P$  sowie der Propellerleistung  $P_{PR}$  zugeführt werden - zwei Ausgangsgrößen 20, 21 bereit, die aus den Eingangsgrößen der Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung 19 und aus Kennwerten der Mehrgrößenregelstrecke 11 berechnet werden. So gibt im gezeigten Ausführungsbeispiel die erste Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung 19 als erste Ausgangsgröße 20 die Regel-

größe 12, also die Propellerdrehzahl  $n_P$ , als erste Ausgangsgröße aus. Als zweite Ausgangsgröße 21 hingegen wird von der ersten Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung 19 eine aus den Istwerten der Regelgrößen 12, 13 ermittelte Größe ausgegeben, nämlich im gezeigten Ausführungsbeispiel ein ermittelter Wert einer Turbinenleistung  $P_{LPT}$ . Der ersten Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung 19 werden demnach als Eingangsgrößen die Propellerdrehzahl  $n_P$  und die Propellerleistung  $P_{PR}$  zugeführt. Als Ausgangsgrößen 20, 21 gibt die Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung 19 die Propellerdrehzahl  $n_P$  und die Turbinenleistung  $P_{LPT}$  aus. Zur Ermittlung der Turbinenleistung  $P_{LPT}$  aus den Regelgrößen 12, 13 wird nach folgender Gleichung vorgegangen:

$$P_{LPT} = P_{PR} + n_P * \frac{dn_P}{dt} * \Theta * 4\pi^2$$

wobei gilt:

$P_{LPT}$  = Turbinenleistung,

$P_{PR}$  = Propellerleistung,

$n_P$  = Propellerdrehzahl,

$\frac{dn_P}{dt}$  = 1. Ableitung der Propellerdrehzahl,

$\Theta$  = Massenträgheitsmoment des Propellertriebwerks.

Unter Verwendung der obigen Gleichung können aus den Regelgrößen 12, 13 in der ersten Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung 19 auf einfache Weise die Ausgangsgrößen 20, 21 der ersten Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung ermittelt werden.

In analoger Weise wird die obige Gleichung auch in der zweiten Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung 18 verwendet, in der aus den Sollwerten 16, 17 die Ausgangsgrößen 22, 23 errechnet werden.

In die zweite Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung 18 ist zusätzlich noch eine Zeitverzögerungseinrichtung für den Sollwert der Propellerdrehzahl integriert. Die Ausgangsgröße 22 der Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung 18 entspricht damit dem Sollwert für die Propellerdrehzahl  $n_{P\text{soll}}$  mit einer Zeitverzögerung von vorzugsweise 200 Millisekunden. Durch die-



se zeitverzögerte Durchleitung des Sollwerts für die Propellerdrehzahl wird der dynamische Zeitverzögerungseffekt des Propellertriebwerks ausgeglichen.

An dieser Stelle soll darauf hingewiesen werden, dass die Ausgangsgrößen 20, 21 der ersten Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung 19 auch als Hilfs-Regelgrößen und die Ausgangsgrößen 22, 23 der zweiten Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung 18 auch als Hilfs-Sollwerte bezeichnet werden können.

Wie bereits oben erwähnt, werden die Ausgangsgrößen 20, 21 der ersten Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung 19 und die Ausgangsgrößen 22, 23 der zweiten Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung 18 den Vergleichseinrichtungen 24, 25 als Eingangsgrößen zugeführt. Wie Fig. 1 zeigt, werden einer ersten Vergleichseinrichtung 24 die Ausgangsgrößen 20, 22 der Regelgrößen-Umrechnungseinrichtungen 18, 19 zugeführt. Im gezeigten Ausführungsbeispiel handelt es sich hierbei um die umgerechneten Istwerte und Sollwerte für die Propellerdrehzahl  $n_p$ . In der Vergleichseinrichtung 24 wird eine Differenz zwischen diesem Hilfs-Sollwert für die Propellerdrehzahl und dem Hilfs-Istwert für die Propellerdrehzahl gebildet und hieraus eine Regelabweichung 26 für die Propellerdrehzahl errechnet. Die Regelabweichung für die Propellerdrehzahl ist in Fig. 1 mit  $n_{perr}$  bezeichnet.

Analog wird in der zweiten Vergleichseinrichtung 25 eine Differenz zwischen der Ausgangsgröße 23 der zweiten Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung 18 und der Ausgangsgröße 21 der ersten Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung 19 errechnet. Im gezeigten Ausführungsbeispiel wird demnach in der zweiten Vergleichseinrichtung 25 eine Differenz zwischen einem errechneten Istwert der als Hilfs-Regelgröße dienenden Turbinenleistung  $P_{LPT}$  und einem entsprechend errechneten Sollwert für diese Hilfs-Regelgröße ermittelt. Eine korrespondierende Regelabweichung 27 zwischen dem Istwert und dem Sollwert der als Hilfs-Regelgröße dienenden Turbinenleistung ist in Fig. 1 mit  $P_{LPTerr}$  bezeichnet.

Die Regelabweichungen 26, 27 der Hilfsregelgrößen 20, 21 werden gemäß Fig. 1 Reglern 28, 29 zugeführt. Einem ersten Regler 28 wird die Regelabweichung 26 der Hilfs-Regelgröße 20 zugeführt. Bei der dem ersten Regler 28 zugeführten Regelabweichung 26 handelt es sich demnach um die Regeldifferenz zwischen dem Hilfs-Sollwert 22 der Propellerdrehzahl und dem Hilfs-Istwert 20 für die Propellerdrehzahl. Der erste Regler 28 ist demnach als

Drehzahlregler ausgebildet. Aus der Regelabweichung 26 ermittelt der erste Regler 28 eine Ausgangsgröße 30 desselben. Bei der Ausgangsgröße 30 handelt es sich im gezeigten Ausführungsbeispiel um eine Drehmomentanforderung  $\Delta T$ .

Analog wird einem zweitem Regler 29 die Regelabweichung 27 der Hilfs-Regelgröße 21 zugeführt. Bei der Regelabweichung 27 handelt es sich also um die Differenz zwischen dem Sollwert 23 und dem entsprechenden Istwert 20 der als Hilfs-Regelgröße dienenden Turbinenleistung  $P_{LPT}$ . Der zweite Regler 29 ist demzufolge als Leistungsregler ausgebildet. Aus der Regelabweichung 27 ermittelt der zweite Regler 29 eine Ausgangsgröße 31. Bei der Ausgangsgröße 31 des zweiten Reglers 29 handelt es sich im gezeigten Ausführungsbeispiel um eine Leistungsanforderung  $\Delta P$ .

Die beiden Regler 28, 29 können zum Beispiel als PID-Regler ausgebildet sein. Die Ermittlung geeigneter Reglerparameter obliegt dem angesprochenem Fachmann.

Erfindungsgemäß werden die Ausgangsgrößen 30, 31 der Regler 28, 29 nicht unmittelbar als Stellgrößen für die Mehrgrößenregelstrecke 11 verwendet, sondern vielmehr einer Stellgrößen-Umrechnungseinrichtung 32 zugeführt. Die Ausgangsgrößen 30, 31 der Regler 28, 29 dienen demnach der Stellgrößen-Umrechnungseinrichtung 32 als Eingangsgrößen. In der Stellgrößen-Umrechnungseinrichtung 32 werden die Ausgangsgrößen 30, 31 miteinander verrechnet. Die Stellgrößen-Umrechnungseinrichtung 32 ermittelt aus den Ausgangsgrößen 30, 31 der Regler 28, 29 und aus Kennwerten der Mehrgrößenregelstrecke 11 die Stellgrößen 14, 15 für die Mehrgrößenregelstrecke 11. Im gezeigten Ausführungsbeispiel bedeutet dies, dass der Stellgrößen-Umrechnungseinrichtung 32 als Eingangsgrößen die Drehmomentanforderung  $\Delta T$  und die Leistungsanforderung  $\Delta P$  als Eingangsgrößen zugeführt werden. Aus diesen beiden Eingangsgrößen ermittelt die Stellgrößen-Umrechnungseinrichtung 32 den Propellerblatteinstellwinkel  $\beta$  und den Brennstoffstrom  $w_F$  als Stellgrößen für das Propellertriebwerk 11. Hierbei wird vorzugsweise nach folgenden Modellgleichungen vorgegangen:

$$T = \beta^{E1} * n_p^{E2}$$

$$P = w_F^{E3} * n_p^{E4}$$

wobei gilt:

$P$  = Turbinenleistung, Ausgangsgröße des Drehzahlreglers,

$T$  = Drehmoment, Ausgangsgröße des Leistungsreglers,

$n_P$  = Propellerdrehzahl,

$w_F$  = Brennstoffstrom, gesuchte Stellgröße

$\beta$  = Propellerblatteinstellwinkel, gesuchte Stellgröße

$E_1, E_2, E_3, E_4$  = Exponenten des Modells.

Nach einem weiteren Aspekt der hier vorliegenden Erfindung werden in der Stellgrößen-Umrechnungseinrichtung 32 zur Ermittlung der Stellgrößen 14, 15 nicht nur die Ausgangsgrößen 30, 31 der beiden Regler 28, 29 miteinander verrechnet, vielmehr wird zusätzlich in der Stellgrößen-Umrechnungseinrichtung 32 eine Vorsteuerungskomponente berücksichtigt. Demnach werden Charakteristiken der Mehrgrößenregelstrecke 11, im hier vorliegenden Ausführungsbeispiel handelt es sich um Charakteristiken der Turbine und des Propellers, in die Stellpfade des Mehrgrößenregelungssystems 10 eingeschleift.

Hierbei werden im gezeigten Ausführungsbeispiel Kennfelder des Propellers und der Turbine berücksichtigt. Derartige Kennfelder werden aus der mathematischen bzw. systemdynamischen Modellierung der Mehrgrößenregelstrecke 11, im gezeigten Ausführungsbeispiel des Propellertriebwerks, gewonnen.

Diesen Kennfeldern, die dem hier angesprochenen Fachmann geläufig sind, werden als Eingangsgrößen die Ausgangsgrößen 30, 31 der beiden Regler 28, 29 und zusätzlich die als Vorsteuerungskomponenten dienenden, gemessenen korrespondierenden Istwerte zugeführt. Zu den Ausgangsgrößen 30, 31 der beiden Regler 28, 29 wird die jeweilige Vorsteuerungskomponente addiert, und diese Summe wird dem entsprechenden Kennfeld als Eingangsgröße zugeführt. In diesem Zusammenhang gilt:

$$T = f(\beta, n_P, \dots) \text{ und } T = \Delta T + T_{\text{Ist}}$$

$$P = f(w_F, n_P, \dots) \text{ und } P = \Delta P + P_{\text{Ist}}$$

wobei gilt:

$f(\beta, n_P, \dots), f(w_F, n_P, \dots) = \text{Kennfelder},$   
 $T_{\text{ist}}, P_{\text{ist}} = \text{Vorsteuerungskomponenten}.$

Daraus folgt dann:

$$\beta = f(\Delta T + T_{\text{ist}}, n_P, \dots)$$

$$w_F = f(\Delta P + P_{\text{ist}}, n_P, \dots)$$

Dies bedeutet, dass die Kennfelder nicht lediglich mit nominellen bzw. gemessenen Eingängen  $T_{\text{ist}}$  bzw.  $P_{\text{ist}}$  beaufschlagt werden, sondern zusätzlich mit dynamisch ermittelten Ausgangsgrößen der beiden Regler 28, 29. Die Ausgangsgrößen 30, 31 der beiden Regler 28, 29 werden durch die Kennfelder der Mehrgrößenregelstrecke 11 durchgeschleift und so einer weiteren Umrechnung unterzogen.

Das erfindungsgemäße Mehrgrößenregelungssystem 10 bzw. das erfindungsgemäße Verfahren zum Regeln der Mehrgrößenregelstrecke 11 umfasst demnach die folgenden drei Gesichtspunkte, die vorzugsweise in Kombination miteinander Verwendung finden:

Nach einem ersten Aspekt werden die Ausgangsgrößen der Mehrgrößenregelstrecke 11, also die Regelgrößen 12, 13, sowie entsprechende Sollwerte 16, 17 für die Regelgrößen 12, 13 in Regelgrößen-Umrechnungseinrichtungen 18, 19 in Hilfs-Regelgrößen 20, 21 sowie entsprechende Sollwerte 22, 23 für die Hilfs-Regelgrößen umgerechnet. Nach einem zweiten Aspekt der Erfindung werden die aus den Regelabweichungen 26, 27 der Hilfs-Regelgrößen 20, 21 ermittelten Ausgangsgrößen 30, 31 der Regler 28, 29 einer Sollwert-Umrechnungseinrichtung 32 zugeführt. In der Sollwert-Umrechnungseinrichtung 32 werden aus den Ausgangsgrößen 30, 31 der Regler 28, 29 die Stellgrößen 14, 15 für die Mehrgrößenregelstrecke 11 gebildet. Nach einem dritten Aspekt der Erfindung wird in der Stellgrößen-Umrechnungseinrichtung 32 den Ausgangsgrößen 30, 31 der Regler 28, 29 mindestens eine Vorsteuerungskomponente überlagert. Diese Vorsteuerungskomponente ist von der

Modellierung der Mehrgrößenregelstrecke 11 abhängig. Bei den Vorsteuerungskomponenten handelt es sich um Kennfelder der Mehrgrößenregelstrecke 11, wobei als Eingangsgrößen für diese Kennfelder die dynamisch ermittelten Ausgangsgrößen 30, 31 der Regler 28, 29 und die gemessenen korrespondierenden Istwerte – sogenannte Vorsteuerungskomponenten – verwendet werden.

Unter Verwendung der Struktur des erfindungsgemäßen Mehrgrößenregelungssystems 10 lassen sich auf einfache Art und Weise Kopplungen zwischen den Stellgrößen 14, 15 und den Regelgrößen 12, 13 der Mehrgrößenregelstrecke 11 sowie Nichtlinearitäten im dynamischen Verhalten der Mehrgrößenregelstrecke 11 eliminieren. Das Mehrgrößenregelungsproblem der Mehrgrößenregelstrecke 11 lässt sich so auf entkoppelte, lineare Regelkreise mit einer Eingangsgröße sowie einer Ausgangsgröße zurückführen. Mit einfachen Regelgesetzen, zum Beispiel PID-Reglern, lässt sich dann eine zufriedenstellende Regelung der Mehrgrößenregelstrecke 11 über den gesamten Betriebsbereich der Mehrgrößenregelstrecke 11 realisieren.

Das erfindungsgemäße Mehrgrößenregelungssystem 10 lässt sich besonders vorteilhaft zur Regelung eines Propellertriebwerks einsetzen. Die bei einem Propellertriebwerk auftretenden starken Nichtlinearitäten im dynamischen Übertragungsverhalten sowie die starken Kopplungen zwischen den Stellgrößen und den Regelgrößen des Propellertriebwerks lassen sich unter Verwendung der Erfindung einfach eliminieren. Die Propellerdrehzahl  $n_p$  sowie die Propellerleistung  $P_{PR}$  lassen sich mithilfe der erfindungsgemäßen Regelgrößen-Umrechnung sowie Stellgrößen-Umrechnung voneinander entkoppeln und weitgehend linear regeln. Mit einem einfachen Satz an Reglerparametern lässt sich eine optimierte Regelung eines Propellertriebwerks über den gesamten Betriebsbereich des Propellertriebwerks erzielen. Das erfindungsgemäße Mehrgrößenregelungssystem 10 zeichnet sich durch ein robustes Reglerverhalten aus.

**Bezugszeichenliste**

Mehrgrößenregelungssystem	10
Mehrgrößenregelstrecke	11
Regelgröße	12
Regelgröße	13
Stellgröße	14
Stellgröße	15
Sollwert	16
Sollwert	17
Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung	18
Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung	19
Ausgangsgröße	20
Ausgangsgröße	21
Ausgangsgröße	22
Ausgangsgröße	23
Vergleichseinrichtung	24
Vergleichseinrichtung	25
Regelabweichung	26
Regelabweichung	27
Regler	28
Regler	29
Ausgangsgröße	30
Ausgangsgröße	31
Stellgrößen-Umrechnungseinrichtung	32

### Patentansprüche

1. Mehrgrößenregelungssystem, mit einer Mehrgrößenregelstrecke (11), wobei die Mehrgrößenregelstrecke mehrere Stellgrößen (14, 15) als Eingangsgrößen und mehrere Regelgrößen (12, 13) als Ausgangsgrößen aufweist, mit mehreren Vergleichseinrichtungen (24, 25) zur Ermittlung von Regelabweichungen (26, 27), und mit mehreren Reglern (28, 29), wobei jedem Regler (28, 29) eine Regelabweichung (26, 27) als Eingangsgröße zuführbar ist, **gekennzeichnet durch** eine Stellgrößen-Umrechnungseinrichtung (32), wobei von den Reglern (28, 29) bereitgestellte Ausgangsgrößen (30, 31) der Stellgrößen-Umrechnungseinrichtung (32) als Eingangsgrößen zuführbar sind, und wobei die Stellgrößen-Umrechnungseinrichtung (32) zumindest aus den Ausgangsgrößen (30, 31) der Regler (28, 29) die Stellgrößen (14, 15) für die Mehrgrößenregelstrecke (11) ermittelt.
2. Mehrgrößenregelungssystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stellgrößen-Umrechnungseinrichtung (32) zur Ermittlung der Stellgrößen (14, 15) die Ausgangsgrößen (30, 32) der Regler (28, 29) miteinander verrechnet.
3. Mehrgrößenregelungssystem nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verrechnung der Ausgangsgrößen (30, 31) der Regler (28, 29) von der Mehrgrößenregelstrecke (11) abhängig ist.
4. Mehrgrößenregelungssystem nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stellgrößen-Umrechnungseinrichtung (32) zur Ermittlung der Stellgrößen (14, 15) den Ausgangsgrößen (30, 31) der Regler (28, 29) eine istwertabhängige Vorsteuerungskomponente überlagert.
5. Mehrgrößenregelungssystem nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, **gekennzeichnet durch** eine erste Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung (19), wobei die Regelgrößen (12, 13) der ersten Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung (19) als Eingangs-

größen zuführbar sind, und wobei die erste Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung (19) aus den Regelgrößen (12, 13) Ausgangsgrößen (20, 21) ermittelt, die den Vergleichseinrichtungen (24, 25) als erste Eingangsgrößen zuführbar sind.

6. Mehrgrößenregelungssystem nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, **gekennzeichnet durch** eine zweite Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung (18), wobei Sollwerte (16, 17) der Regelgrößen (12, 13) der zweiten Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung (18) als Eingangsgrößen zuführbar sind, und wobei die zweite Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung (18) aus den Sollwerten (16, 17) Ausgangsgrößen (22, 23) ermittelt, die den Vergleichseinrichtungen (24, 25) als zweite Eingangsgrößen zuführbar sind.

7. Mehrgrößenregelungssystem nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vergleichseinrichtungen (24, 25) die ersten Eingangsgrößen derselben mit korrespondierenden zweiten Eingangsgrößen derselben verrechnen, und dass die daraus resultierenden Regelabweichungen (26, 27) den Reglern (28, 29) als Eingangsgrößen zuführbar sind.

8. Verfahren zum Regeln einer Mehrgrößenregelstrecke, wobei der Mehrgrößenregelstrecke (11) mehrere Stellgrößen (14, 15) als Eingangsgrößen zugeführt werden, wobei mehrere Regelgrößen (12, 13) als Ausgangsgrößen der Mehrgrößenregelstrecke (11) zur Ermittlung von Regelabweichungen (26, 27) miteinander verrechnet werden, und wobei jede Regelabweichung (26, 27) einem Regler (28, 29) als Eingangsgröße zugeführt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** von den Reglern (28, 29) bereitgestellte Ausgangsgrößen (30, 31) einer Stellgrößen-Umrechnungseinrichtung (32) als Eingangsgrößen zugeführt werden, wobei in der Stellgrößen-Umrechnungseinrichtung (32) zumindest aus den Ausgangsgrößen (30, 31) der Regler (28, 29) die Stellgrößen (14, 15) für die Mehrgrößenregelstrecke (11) ermittelt werden.

9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Ermittlung der Stellgrößen (14, 15) die Ausgangsgrößen (30, 31) der Regler (28, 29) miteinander verrechnet werden.



10. Verfahren nach Ansprüche 8 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Ermittlung der Stellgrößen (14, 15) die Ausgangsgrößen (30, 31) der Regler (28, 29) zusätzlich mit einer istwertabhängigen Vorsteuerungskomponente verrechnet werden.

11. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Regelgrößen (12, 13) der Mehrgrößenregelstrecke (11) einer ersten Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung (19) als Eingangsgrößen zugeführt werden, wobei die erste Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung (19) aus den Regelgrößen (12, 13) Ausgangsgrößen (20, 21) ermittelt, die den Vergleichseinrichtungen (24, 25) als erste Eingangsgrößen zugeführt werden.

12. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 8 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** Sollwerte (16, 17) der Regelgrößen einer zweiten Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung (18) als Eingangsgrößen zugeführt werden, wobei die zweite Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung (18) aus den Sollwerten (16, 17) Ausgangsgrößen (22, 23) ermittelt, die den Vergleichseinrichtungen (24, 25) als zweite Eingangsgrößen zugeführt werden.

13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die ersten Eingangsgrößen der Vergleichseinrichtungen (24, 25) und die korrespondierenden zweiten Eingangsgrößen derselben verrechnet werden, und dass die daraus resultierenden Regelabweichungen (26, 27) den Reglern (28, 29) als Eingangsgrößen zugeführt werden.

14. Verfahren zum Regeln eines Propellertriebwerks, wobei als Regelgrößen eine Propellerdrehzahl (12) und eine Propellerleistung (13) geregelt werden, und wobei dem Propellertriebwerk (11) als Stellgrößen ein Propellerblatteinstellwinkel (14) und ein Brennstoffstrom (15) zugeführt werden, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Ermittlung des Propellerblatteinstellwinkels (14) und des Brennstoffstroms (15) von Reglern (28, 29) bereitgestellte Ausgangsgrößen (30, 31) einer Stellgrößen-Umrechnungseinrichtung (32) als Eingangsgrößen zugeführt werden, wobei die Stellgrößen-Umrechnungseinrichtung (32) aus

den Ausgangsgrößen (30, 31) der Regler (28, 29) den Propellerblatteinstellwinkel (14) und den Brennstoffstrom (15) als Stellgrößen ermittelt.

15. Verfahren nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Propellerdrehzahl (12) und die Propellerleistung (13) als Regelgrößen des Propellertriebwerks (11) einer ersten Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung (19) als Eingangsgrößen zugeführt werden, wobei die erste Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung (19) als Ausgangsgrößen Istwerte für die Propellerdrehzahl (20) und eine Turbinenleistung (21) bereitstellt.

16. Verfahren nach Anspruch 14 oder 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** Sollwerte für die Propellerdrehzahl (16) und die Propellerleistung (17) einer zweiten Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung (18) als Eingangsgrößen zugeführt werden, wobei die zweite Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung (18) als Ausgangsgrößen Sollwerte für die Propellerdrehzahl (22) und eine Turbinenleistung (23) bereitstellt.

17. Verfahren nach Anspruch 15 oder 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** aus den Istwerten und den korrespondierenden Sollwerten für die Propellerdrehzahl und die Turbinenleistung entsprechende Regelabweichungen (26, 27) ermittelt werden, wobei die Propellerdrehzahl-Regelabweichung (26) einem Drehzahlregler (28) und die Turbinenleistungs-Regelabweichung (27) einem Leistungsregler (29) zugeführt werden.

18. Verfahren nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Drehzahlregler (28) als Ausgangsgröße eine Drehmomentanforderung (30) und der Leistungsregler (29) als Ausgangsgröße eine Turbinenleistungsanforderung (31) bereitstellt, wobei in der Stellgrößen-Umrechnungseinrichtung (32) aus der Drehmomentanforderung (30) und der Turbinenleistungsanforderung (31) der Propellerblatteinstellwinkel (14) und der Brennstoffstrom (15) ermittelt werden.

19. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 14 bis 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Stellgrößen-Umrechnungseinrichtung (32) die Ausgangsgrößen (30, 31) der Regler (28, 29) miteinander verrechnet und zusätzlich mit einer Vorsteuerungskomponente verrechnet werden.

20. Verfahren nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorsteuerungskomponente von Istwerten der Regelgrößen (12, 13) und von der Mehrgrößenregelstrecke (11), nämlich von der Modellierung bzw. von Kennfeldern des zu regelenden Propellertriebwerks, abhängig ist.

1 / 1

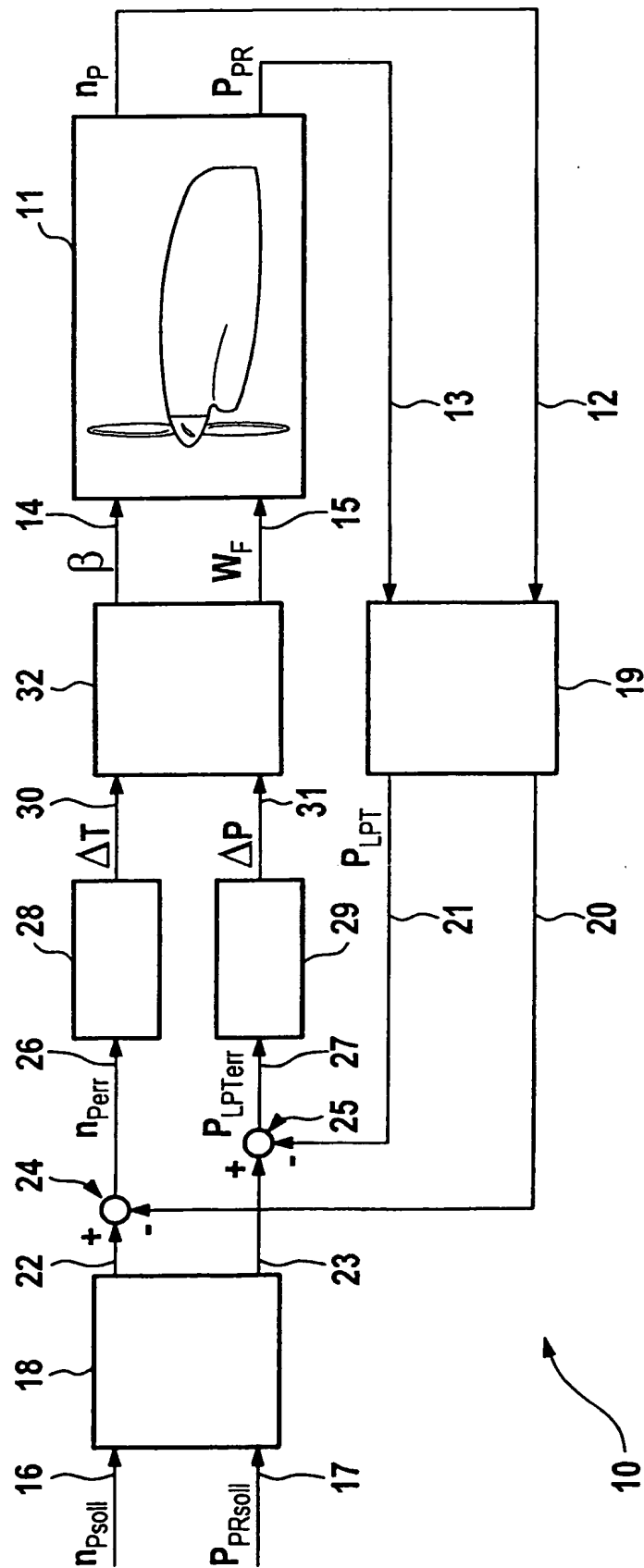


Fig. 1

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP03/10651

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 7 G05B11/32

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 G05B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)  
EPO-Internal

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	<p>TOLLE H ET AL: "QUERPROFILREGELUNG IN DER PAPIERINDUSTRIE - SENSOREN UND AKTUATOREN ALS BESTIMMENDE ELEMENTE DER REGELGUETE" AUTOMATISIERUNGSTECHNIK - AT, OLDENBOURG VERLAG. MUNCHEN, DE, vol. 45, no. 6, 1 June 1997 (1997-06-01), pages 271-281, XP000691798 ISSN: 0178-2312 page 276, left-hand column, line 20 -right-hand column, line 20; figure 7</p> <p style="text-align: center;">--- -/--</p>	1,8



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \* & \* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

7 January 2004

Date of mailing of the international search report

19/01/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Kelperis, K

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

 Intern Application No  
 PCT/EP 03/10651

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WADE H L: "INVERTED DECOUPLING: A NEGLECTED TECHNIQUE" ADVANCES IN INSTRUMENTATION AND CONTROL, INSTRUMENT SOCIETY OF AMERICA, RESEARCH TRIANGLE PARK, US, vol. 51, no. PART 1, 1996, pages 357-369, XP000640494 ISSN: 1054-0032 page 358, line 12 -page 365, line 10 ---	1,2,8,9
X	US 5 403 074 A (KREISSELMEIER GERHARD ET AL) 4 April 1995 (1995-04-04) figure 7 ---	1
A	WO 97 20734 A (MC DONNELL DOUGLAS CORP) 12 June 1997 (1997-06-12) page 21, line 11 -page 22, line 13 ---	14
A	WO 00 22487 A (PFEIFFER BERND MARKUS ;BERGOLD STEFAN (DE); PANDIT MADHUKAR (DE);) 20 April 2000 (2000-04-20) ---	
A	WO 01 79942 A (OMRON) 25 October 2001 (2001-10-25) & EP 1 291 741 A (OMRON) 12 March 2003 (2003-03-12) -----	
P,A		

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 03/10651

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5403074	A	04-04-1995	DE 4039361 A1	20-06-1991
			DE 59006263 D1	28-07-1994
			WO 9108935 A1	27-06-1991
			EP 0505416 A1	30-09-1992
			HU 64275 A2	28-12-1993
			JP 2925320 B2	28-07-1999
			JP 5502197 T	22-04-1993
WO 9720734	A	12-06-1997	WO 9720734 A2	12-06-1997
			US 5951608 A	14-09-1999
WO 0022487	A	20-04-2000	DE 19846447 A1	13-04-2000
			DE 19919595 A1	02-11-2000
			AT 220221 T	15-07-2002
			CN 1124529 B	15-10-2003
			WO 0022487 A1	20-04-2000
			DE 59901968 D1	08-08-2002
			EP 1119799 A1	01-08-2001
			ES 2180334 T3	01-02-2003
			JP 2002527804 T	27-08-2002
			US 2002022892 A1	21-02-2002
WO 0179942	A	25-10-2001	JP 2001296901 A	26-10-2001
			JP 2001296902 A	26-10-2001
			JP 2001306103 A	02-11-2001
			JP 2002157001 A	31-05-2002
			EP 1291741 A1	12-03-2003
			WO 0179942 A1	25-10-2001
			WO 0179943 A1	25-10-2001
			US 2003121905 A1	03-07-2003

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internat. Aktenzeichen  
PCT/EP 03/10651

**A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
IPK 7 G05B11/32

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und -Klassifikationssymbole)  
IPK 7 G05B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	<p>TOLLE H ET AL: "QUERPROFILREGELUNG IN DER PAPIERINDUSTRIE - SENSOREN UND AKTUATOREN ALS BESTIMMENDE ELEMENTE DER REGELGÜTE" AUTOMATISIERUNGSTECHNIK - AT, OLDENBOURG VERLAG. MÜNCHEN, DE, Bd. 45, Nr. 6, 1. Juni 1997 (1997-06-01), Seiten 271-281, XP000691798 ISSN: 0178-2312 Seite 276, linke Spalte, Zeile 20 -rechte Spalte, Zeile 20; Abbildung 7</p> <p style="text-align: center;">--- -/--</p>	1,8

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*G\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

7. Januar 2004

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

19/01/2004

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Kelperis, K



## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WADE H L: "INVERTED DECOUPLING: A NEGLECTED TECHNIQUE" ADVANCES IN INSTRUMENTATION AND CONTROL, INSTRUMENT SOCIETY OF AMERICA, RESEARCH TRIANGLE PARK, US, Bd. 51, Nr. PART 1, 1996, Seiten 357-369, XP000640494 ISSN: 1054-0032 Seite 358, Zeile 12 -Seite 365, Zeile 10 ----	1,2,8,9
X	US 5 403 074 A (KREISSELMEIER GERHARD ET AL) 4. April 1995 (1995-04-04) Abbildung 7 ----	1
A	WO 97 20734 A (MC DONNELL DOUGLAS CORP) 12. Juni 1997 (1997-06-12) Seite 21, Zeile 11 -Seite 22, Zeile 13 ----	14
A	WO 00 22487 A (PFEIFFER BERND MARKUS ;BERGOLD STEFAN (DE); PANDIT MADHUKAR (DE);) 20. April 2000 (2000-04-20) ----	
A	WO 01 79942 A (OMRON) 25. Oktober 2001 (2001-10-25) & EP 1 291 741 A (OMRON) 12. März 2003 (2003-03-12) -----	
P,A		

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen:  selben Patentfamilie gehören

Internat. Aktenzeichen

PCT/EP 03/10651

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 5403074	A	04-04-1995	DE	4039361 A1	20-06-1991
			DE	59006263 D1	28-07-1994
			WO	9108935 A1	27-06-1991
			EP	0505416 A1	30-09-1992
			HU	64275 A2	28-12-1993
			JP	2925320 B2	28-07-1999
			JP	5502197 T	22-04-1993
WO 9720734	A	12-06-1997	WO	9720734 A2	12-06-1997
			US	5951608 A	14-09-1999
WO 0022487	A	20-04-2000	DE	19846447 A1	13-04-2000
			DE	19919595 A1	02-11-2000
			AT	220221 T	15-07-2002
			CN	1124529 B	15-10-2003
			WO	0022487 A1	20-04-2000
			DE	59901968 D1	08-08-2002
			EP	1119799 A1	01-08-2001
			ES	2180334 T3	01-02-2003
			JP	2002527804 T	27-08-2002
			US	2002022892 A1	21-02-2002
WO 0179942	A	25-10-2001	JP	2001296901 A	26-10-2001
			JP	2001296902 A	26-10-2001
			JP	2001306103 A	02-11-2001
			JP	2002157001 A	31-05-2002
			EP	1291741 A1	12-03-2003
			WO	0179942 A1	25-10-2001
			WO	0179943 A1	25-10-2001
			US	2003121905 A1	03-07-2003